

Efisiensi Inhibisi *L-citrulline* pada Korosi *Tinplate* dalam Media NaCl

Zilfirdausi Ahla Zakaria, Harmami dan Ita Ulfin

Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111 Indonesia

e-mail: harmami@chem.its.ac.id

Abstrak—*L-citrulline* sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* dalam media NaCl telah diteliti menggunakan metode polarisasi potensiodinamik dan metode pengurangan berat. Pada penelitian ini dilakukan variasi konsentrasi *L-citrulline* yang ditambahkan dalam media korosi 2% NaCl. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dalam media 2% NaCl, *L-citrulline* dapat meningkatkan efisiensi inhibisi korosi seiring dengan meningkatnya konsentrasi *L-citrulline* berturut-turut yaitu sebesar 36% dan 74,59 % dengan metode pengurangan berat dan polarisasi potensiodinamik.

Kata Kunci—Inhibitor; Korosi; *L-citrulline*; NaCl; *Tinplate*.

I. PENDAHULUAN

Tinplate adalah baja karbon yang terlapis timah murni pada kedua sisinya. Penggunaan *tinplate* banyak dimanfaatkan sebagai bahan pegemas makanan, daging, buah kaleng dan cat. Penggunaan *tinplate* pada bidang industri pengalengan dapat menimbulkan masalah korosi yaitu korosi sumur (*pitting*) [1]. Korosi adalah proses degradasi (kerusakan) logam akibat reaksi elektrokimia (redoks) antara logam dengan lingkungannya. Hasil degradasi yang terjadi menghasilkan senyawa-senyawa yang tidak dikehendaki misalnya warna merah-coklat yang timbul pada besi/baja karena bereaksi dengan lingkungan. Salah satu kondisi lingkungan yang menyebabkan korosi pada besi dan campurannya adalah air laut yang komposisi elektrolit terbesarnya adalah NaCl yaitu sebesar 2,88%. Pada umumnya NaCl juga terdapat dalam produk olahan makanan sari laut (*seafood*) dan produk makanan yang diawetkan lalu dikemas dalam kaleng makanan berbahan *tinplate* [2].

Oleh karena itu, korosi pada *tinplate* dinilai dapat membahayakan bagi konsumen karena adanya migrasi ion logam Sn dari kaleng ke dalam produk. Kontaminasi ion logam tersebut dalam dosis besar menyebabkan gangguan pencernaan serius pada manusia. Sehingga perlu dilakukan tindak pencegahan atau penghambatan, salah satunya dengan menggunakan inhibitor. Inhibitor korosi adalah suatu zat kimia yang bila ditambahkan ke dalam suatu lingkungan, dapat menurunkan laju penyerangan korosi lingkungan itu terhadap suatu logam [3].

Inhibitor dari ekstrak bahan alam juga mulai diminati karena mudah didapat, *biodegradable*, murah dan ramah lingkungan serta aman bagi makanan. Ekstrak bahan alam khususnya senyawa yang mengandung atom N, O, P, S, dan atom-atom yang memiliki pasangan elektron bebas yang

nantinya dapat berfungsi sebagai ligan yang membentuk senyawa kompleks dengan logam. Bentuk ekstrak didapatkan dari bagian-bagian tanaman, seperti biji, batang, kulit, dan daun [4].

L-citrulline merupakan senyawa organik yang mengandung gugus amida, karboksi, amina dan termasuk dalam asam amino non esensial. Senyawa ini ditemukan sebagai kandungan alami utama pada semua bagian buah semangka (*Citrullus vulgaris*). Penelitian mengenai sifat inhibisi korosi oleh senyawa *L-citrulline* telah dilakukan, diketahui bahwa *L-citrulline* (CTL) mampu bertindak sebagai inhibitor korosi pada baja lunak dalam media HCl. *L-citrulline* mampu menghambat laju korosi, meningkatkan efisiensi inhibisi seiring dengan peningkatan konsentrasi *L-citrulline*. Efisiensi inhibisi maksimum sebesar 51,33% [5]. Pada lingkungan NaCl, *L-citrulline* juga dapat berperan sebagai inhibitor korosi, ekstrak kulit semangka (*Citrullus Vulgaris* Peels) ditemukan dapat berfungsi sebagai inhibitor korosi pada Seng (Zn) dalam air laut (diasumsikan bahwa kandungan terbesar adalah NaCl). Ekstrak alkohol dari CVP dapat menurunkan laju korosi Zn dalam NaCl hingga mencapai efisiensi inhibisi sebesar 82%. Senyawa yang diduga berperan dalam inhibisi ini adalah *L-citrulline* yang ditemukan dalam jumlah besar pada ekstrak CVP [6].

Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, maka pada penelitian ini diharapkan *L-citrulline* (CTL) mampu mengurangi laju korosi *tinplate* dalam media NaCl menggunakan metode pengurangan berat dan polarisasi potensiodinamik.

II. METODE PENELITIAN

A. Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alat pemotong logam, neraca analitis, Autolab Metrohm tipe AUT84948, FT-IR Thermo Scientific spectrophotometer Shimadzu, dan peralatan gelas yaitu, gelas beker, corong kaca, botol timbang, labu ukur, spatula, kaca arloji serta erlenmeyer. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini yakni plat timah (*tinplate*) tipe TP20, *L-citrulline* ($\geq 98\%$ Sigma-Aldrich), NaCl p.a MERCK, dan aqua demin.

B. Prosedur Kerja

B.1 Preparasi Spesimen *Tinplate*

Tinplate dengan ketebalan 0,024 cm dipotong dengan ukuran 4x1 cm² dan 3x3 cm². Spesimen *tinplate* berukuran 4x1

cm² dilapisi dengan cat *aquaproof* hingga *tinplate* tersisa 1x1 cm² lalu disimpan sebagai spesimen uji metode polarisasi potensiodinamik. Spesimen berukuran 3x3 cm² disonikasi dalam bak aqua demin, dikeringkan, lalu disimpan sebagai spesimen uji metode pengurangan berat

B.2 Pembuatan Media Korosi (w/v)

Media korosi 2% NaCl dibuat dengan menimbang padatan NaCl sebanyak 20 gram, dilarutkan dengan aqua demin dalam gelas beker, dimasukkan dalam labu ukur 1000 ml, ditambahkan aqua demineralisasi hingga tanda batas, dikocok hingga homogen. Larutan 2% NaCl disimpan dalam botol penyimpanan dan digunakan sebagai pelarut inhibitor *L-citrulline* sekaligus blanko pada pengujian polarisasi potensiodinamik dan pengurangan berat.

B.3 Pembuatan Media Korosi dengan Variasi Konsentrasi Inhibitor CTL (w/v)

Media korosi dengan konsentrasi inhibitor 25 mg CTL/L dibuat dengan menimbang serbuk *L-citrulline* sebanyak 0,0063 g dengan botol timbang kemudian dilarutkan dengan beberapa mL larutan 2% NaCl, dimasukkan dalam labu ukur 250 mL, ditambahkan 2% NaCl hingga tanda batas, dikocok hingga homogen. Diulangi dengan cara yang sama untuk membuat media korosi dengan variasi konsentrasi *L-citrulline* 0, 50, 75, 100, 125, 150 mg/L.

B.4 Pengujian Korosi pada Tinplate dengan Metode Pengurangan Berat

Spesimen *tinplate* ditimbang massa awalnya (W_0), selanjutnya *tinplate* diimersi ke dalam 30 mL media korosi 2% NaCl selama 48 jam. Selanjutnya produk korosi pada spesimen dibersihkan dengan tisu, disonikasi dalam bak aqua demin selama 20 menit untuk menghilangkan produk korosi, kemudian ditimbang sebagai massa akhir (W_1). Percobaan ini dilakukan triplo. Dilakukan dengan cara yang sama untuk media korosi 2% NaCl dengan variasi konsentrasi inhibitor 0, 25 50, 75, 100, 125, 150 mg CTL/L. Selisih massa awal dan massa akhir (ΔW) digunakan untuk menghitung nilai laju korosi (r) menggunakan persamaan (1) dan nilai prosentase efisiensi inhibisi menggunakan persamaan (2).

$$r \text{ (mmpy)} = 87600 \frac{\Delta W}{\rho A t} \quad (1)$$

$$EI \text{ (%) } = \frac{r_0 - r_i}{r_0} \times 100\% \quad (2)$$

dimana 87600 adalah tetapan laju korosi dalam satuan mmpy, ρ adalah berat jenis *tinplate* (g/cm³), A adalah luas permukaan logam yang terpapar larutan (cm²), dan t adalah waktu perendaman (jam).

B.5 Pengujian Korosi pada Tinplate dengan Metode Polarisasi Potensiodinamik

Pengujian korosi dilakukan dengan metode polarisasi potensiodinamik (PDP) dengan alat AUTOLAB tipe AUT84948. Metode ini menggunakan 3 sistem elektroda, yaitu platina, SCE, dan *tinplate* berturut-turut sebagai elektroda bantu, elektroda pembanding, dan elektroda kerja. Sistem tersebut kemudian dihubungkan dengan potensiostat dan

software NOVA 1.11 sebagai pengolah data. Potensial *input* yang digunakan mulai -250 mV hingga +250 mV dengan laju *scan* 1 mV/s. *Tinplate* direndam selama 10 menit dalam media korosi 2% NaCl dengan variasi konsentrasi *L-citrulline* 0, 25, 50, 75, 100, 125, 150 mg/L. Percobaan dilakukan triplo. Kurva polarisasi tafel yang didapatkan kemudian dilakukan extrapolasi, hingga mendapatkan parameter korosi berupa densitas arus korosi (I_{kor}), potensial korosi (E_{kor}), kemiringan tafel katodik (β_k), kemiringan tafel anodik (β_a), dan laju korosi. Untuk menghitung nilai efisiensi inhibisi digunakan persamaan (3).

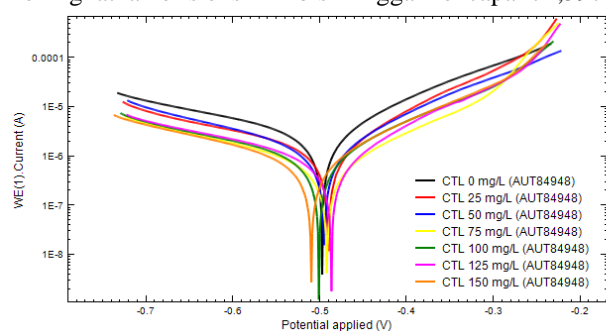
$$EI \text{ (%) } = \frac{i_{kor}^0 - i_{kor}}{i_{kor}^0} \times 100 \quad (3)$$

III. HASIL DAN DISKUSI

Penentuan pengaruh variasi konsentrasi inhibitor *L-citrulline* terhadap laju korosi *tinplate* dalam media 2% NaCl dilakukan dengan menggunakan 2 metode, yaitu metode polarisasi potensiodinamik dan metode pengurangan berat. Metode polarisasi potensiodinamik ini dipilih karena merupakan metode kuantitatif yang umum dalam pengukuran sifat korosi suatu bahan logam/alloy [7]. Logam *tinplate* diuji parameter korosi dalam media 2% NaCl dengan variasi konsentrasi inhibitor sebesar 0, 25, 50, 75, 100, 125 hingga 150 mg CTL/L. Pengujian dilakukan triplo dengan lama waktu imersi masing-masing selama 10 menit. Kurva polarisasi potensiodinamik hasil pengujian ditunjukkan pada Gambar 1.

Kurva polarisasi kemudian diekstrapolasi hingga menghasilkan parameter korosi berupa potensial korosi (E_{kor}), dan densitas arus korosi (I_{kor}) yang ditunjukkan pada Tabel 1. Data densitas arus korosi (I_{kor}) digunakan untuk menghitung prosentase efisiensi inhibisi (EI) dengan Persamaan (3).

Pada Gambar 1. dapat terlihat bahwa nilai densitas arus korosi (I_{kor}) yang sebanding dengan laju korosi mengalami penurunan dengan meningkatnya penambahan *L-citrulline*. Densitas arus korosi blanko (0 mg CTL/L) berkurang dari 2,917 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ menjadi 1,757 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$ dengan penambahan 25 mg CTL/L. Selanjutnya dengan penambahan konsentrasi sebesar 50 mg CTL/L hingga 150 mg CTL/L juga mampu menurunkan densitas arus korosi pada *tinplate* hingga mencapai 0,711 $\mu\text{A}/\text{cm}^2$. Peningkatan konsentrasi *L-citrulline* mampu meningkatkan efisiensi inhibisi laju korosi pada *tinplate*. Pada konsentrasi 25 mg CTL/L didapatkan efisiensi inhibisi sebesar 39,731 %. Selanjutnya dengan meningkatnya konsentrasi dari range 50 hingga 150 mg CTL/L juga semakin meningkatkan efisiensi inhibisi hingga mencapai 74,597%.



Gambar 1. Kurva polarisasi *tinplate* dalam media korosi 2% NaCl dengan variasi konsentrasi *L-citrulline*

Tabel 1.

Parameter korosi *tinplate* dalam media 2% NaCl dengan variasi konsentrasi *L-citrulline* (metode polarisasi potensiodinamik)

Konsentrasi Inhibitor (mg/L)	E _{kor} rata-rata (mV)	I _{kor} rata-rata (μA/cm ²)	EI (%)
0	-473,943	2,917	-
25	-513,880	1,757	39,731
50	-516,123	1,173	55,931
75	-490,467	0,917	66,727
100	-559,427	0,773	73,560
125	-521,220	0,715	74,137
150	-487,533	0,711	74,597

Pada penelitian ini, laju korosi *tinplate* dalam media 2% NaCl dengan variasi konsentrasi *L-citrulline* juga diukur dengan metode pengurangan berat. Metode pengurangan berat yaitu metode gravimetri untuk mengetahui nilai laju korosi dan prosentase efisiensi inhibisi melalui selisih massa logam sebelum dan sesudah direndam dalam media korosi. Tabel 2 menunjukkan selisih massa *tinplate* sebelum dan sesudah direndam dalam media korosi 2% NaCl dengan variasi konsentrasi *L-citrulline*. Nilai laju korosi dihitung dengan persamaan 1. dan nilai prosentase efisiensi inhibisi dengan persamaan 2. Pada Tabel 2. terlihat bahwa terjadi penurunan laju korosi *tinplate* dari 0,0244 mmpy menjadi 0.0227 mmpy pada konsentrasi 25 mg/L. Penurunan laju korosi berturut-turut juga terjadi dengan penambahan konsentrasi *L-citrulline* dari 50, 75, 100, 125, hingga 150 mg/L.

Penurunan laju korosi terbesar dapat terlihat pada penambahan konsentrasi sebesar 150 mg/L dimana *L-citrulline* dapat menurunkan laju korosi dari 0,0244 mmpy hingga mencapai 0,0158 mmpy. Sedangkan efisiensi inhibisi bertambah seiring dengan penambahan konsentrasi *L-citrulline* dari 0, 25, 50, 75, 100, 125, hingga 150 mg/L. Efisiensi inhibisi tertinggi didapatkan sebesar 36% pada konsentrasi 150 mg/L.

Perbedaan antara kedua metode ini dapat dilihat pada konsentrasi yang sama yaitu 150 mg CTL/L, metode polarisasi potensiodinamik menunjukkan efisiensi inhibisi sebesar 74,5%, sedangkan pada metode pengurangan berat menunjukkan efisiensi inhibisi yang lebih kecil yaitu sebesar 36%. Hal ini dapat disebabkan karena perbedaan parameter korosi dan ketelitian alat dari masing-masing metode. Metode polarisasi potensiodinamik dilakukan dengan alat potensiostat, dimana parameter laju korosi berupa densitas arus (I_{kor}) didapatkan dari extrapolasi kurva polarisasi tafel dengan ketelitian sebesar 1×10^{-6} A (μA).

Tabel 2.

Parameter korosi *Tinplate* dalam media 2% NaCl dengan variasi konsentrasi *L-citrulline* (metode pengurangan berat)

Konsentrasi Inhibitor (mg/L)	ΔW rata-rata (g)	Laju Korosi Rata-rata (mmpy)	EI (%)
0	0,0033	0,0244	-
25	0,0031	0,0227	7
50	0,0029	0,0215	12
75	0,0027	0,0195	20
100	0,0024	0,0178	27
125	0,0022	0,0164	33
150	0,0021	0,0158	36

Pada metode pengurangan berat, parameter yang digunakan berupa pengurangan berat logam sebelum dan sesudah direndam dalam media korosi yang diukur menggunakan neraca analitis yang hanya dapat mengukur perubahan berat logam hingga ketelitian 1×10^{-4} g (0,1 mg).

IV. KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan mengenai *L-citrulline* sebagai inhibitor korosi pada *tinplate* dalam media NaCl, maka dapat disimpulkan bahwa semakin besar konsentrasi *L-citrulline* yang ditambahkan dalam media NaCl maka semakin besar pula efisiensi inhibisi korosi pada *tinplate*. Efisiensi inhibisi korosi *L-citrulline* berturut-turut sebesar 36% dan 74,597% diuji dengan metode pengurangan berat dan metode polarisasi potensiodinamik

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. rer. nat. Fredy Kurniawan, Ph.D selaku Kepala Laboratorium Instrumentasi dan Sains Analitik yang memfasilitasi laboratorium pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] J.I. Martins, "Corrosion problems in tinplate cans for storing contact glues for shoes" (2012) *Engineering Failure Analysis* 26, 258–265
- [2] D. Xia., Song, S., Wang, J., Bi, H., Jiang, Y., Han, Z., "Corrosion behavior of tinplate in NaCl solution". (2012) *Trans. Nonferrous Met. Soc. China* 22, 717–724
- [3] I.S. Dalimunthe, "Kimia dari Inhibitor Korosi". (2004). Repository USU: Universitas Sumatera Utara.
- [4] M.S Ramananda, P. Gupta, K. Gupta, "The litchi (Litchi Chinensis) peels extract as a potential green inhibitor in prevention of corrosion of mild steel in 0.5 M H₂SO₄ solution". (2015). *Arab. J. Chem.*
- [5] N.A Odewunmi, S.A. Umoren, Z.M. Gasem, S.A. Ganiyu, Q. Muhammad, "*L-citrulline*: An active corrosion inhibitor component of watermelon rind extract for mild steel in HCl medium". *J. Taiwan Inst. Chem. Eng.* (2015c) 51, 177–185.
- [6] A. Petchiammal, P. Rani, D., S., S., K., K., "Corrosion Protection of Zinc in Natural Sea Water using Citrullus Vulgaris peel as an Inhibitor. (2012). *Research Journal of Chemical Science* 2(4), 24–34.
- [7] D.A. Jones, "*Principles and Prevention of Corrosion -2nd Edition. 2nd ed., (1996).* Prentice Hall, New Jersey, USA.